

De la seguridad hídrica a la seguridad alimentaria: retos socioambientales ante la minería de áridos en comunidades del altiplano boliviano

From water security to food security: socio-environmental challenges of construction aggregate mining in bolivian altiplano communities

Carlos Quezada-Lambertín^{1,4} , Leonardo Villafuerte-Philippsborn^{2,3} , Fabiola Irahola-Meléndrez^{1*} , Natalia Trigo-so-Zegarra² , Laura Paz-Morales² , Camila Didriksson-Vargas² , Claudia Salazar-Morales² , Jean-Paul Benavides-López¹ 

1. Facultad de Ciencias Económicas y Financieras, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Instituto de Investigaciones Socio-Económicas, La Paz, Bolivia

2. Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad Católica Boliviana San Pablo, Instituto para la Democracia, La Paz, Bolivia

3. Faculty of Law, University of Antwerp, Law and Development Research Group, Antwerp, Belgium

4. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Department of Agricultural Economics, Gent, Belgium

Recepción: 03/01/2025

Aceptación: 14/11/2025

Publicación: 30/12/2025

*Correspondencia: Fabiola Irahola-Meléndrez. fabiolairahola4@gmail.com

Resumen

Este estudio analiza los impactos socioambientales de la extracción de áridos sobre la seguridad hídrica y alimentaria en Catacora, una comunidad rural del Altiplano boliviano. Las actividades extractivas en los ríos Khullu Cachi y Seco han provocado una reducción en la disponibilidad, el acceso y la calidad del agua, lo que ha llevado a una disminución en la producción agrícola y un aumento en la inseguridad alimentaria. Los hallazgos destacan tensiones sociales entre comunidades, la contaminación ambiental y las barreras sistémicas que enfrentan las mujeres en los procesos de toma de decisiones. A pesar de estos desafíos, la comunidad ha desarrollado estrategias locales para gestionar los recursos hídricos y resistir los impactos de las actividades extractivas, aunque estas han demostrado ser insuficientes frente a la magnitud de los problemas. El estudio subraya la necesidad de fortalecer las capacidades comunitarias para garantizar un manejo sostenible, inclusivo y equitativo de los recursos hídricos y alimentarios en contextos rurales.

Palabras clave: Inseguridad hídrica. Inseguridad alimentaria. Minería de áridos. Gobernanza comunitaria del agua. Contaminación hídrica. Equidad de género.

Abstract

This study examines the socio-environmental impacts of aggregate extraction on water and food security in Catacora, a rural community in the Bolivian Altiplano. Extractive activities in the Khullu Cachi and Seco rivers have led to reduced water availability, access, and quality, resulting in decreased agricultural production and heightened food insecurity. Findings highlight social tensions between communities, environmental contamination, and systemic barriers faced by women in decision-making processes. Despite these challenges, the community has developed local strategies to manage water resources and resist the impacts of extractive activities, though these have proven insufficient given the scale of the problems. The study underscores the need to strengthen community capacities to ensure the sustainable and equitable management of water and food resources in rural contexts.

Keywords: Water insecurity. Food insecurity. Aggregates mining. Community water governance. Water pollution. Gender equality.

Introducción

La escasez de agua dulce se percibe cada vez más como un riesgo global, con aproximadamente 4 mil millones de personas o dos tercios de la población mundial experimentando estrés hídrico severo al menos un mes al año¹. Esta situación subraya la importancia de la seguridad

hídrica, entendida en este estudio como la estabilidad en el tiempo de la disponibilidad y accesibilidad física y económica de agua en cantidad y calidad adecuadas para satisfacer, a través de su uso, los medios de vida, bienestar humano y desarrollo socioeconómico en climas de paz^{2,3}. Este desafío global encuentra resonancia en

América Latina, donde el acceso al agua en comunidades indígenas se ha estudiado principalmente desde la perspectiva del desarrollo humano, enfocándose en cómo la inversión pública puede mejorar el acceso a agua potable y saneamiento^{4,5}.

La seguridad hídrica garantiza la seguridad alimentaria de las comunidades rurales, particularmente en aquellas con bajos ingresos⁶. La agricultura y ganadería, actividades económicas fundamentales en estos contextos⁷, dependen en gran medida de la seguridad hídrica para mantenerse estables⁸. A pesar de la conexión entre la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria⁹, la producción académica reciente sobre este vínculo sigue siendo limitada³. Brewis et al. (2020) analizaron datos de 27 lugares con diversas formas de inseguridad hídrica en 21 países de ingresos bajos y medianos, demostrando una correlación positiva entre la falta de acceso al agua y la seguridad alimentaria². Una investigación posterior comprobó que la inseguridad hídrica es un predictor de la inseguridad alimentaria, situación que no acontece a la inversa¹⁰.

Por lo demás, la seguridad alimentaria tiene componentes similares a la seguridad hídrica³: sostenibilidad o estabilidad en el tiempo (para generaciones presentes y futuras), su accesibilidad física y económica, su disponibilidad en cantidad y calidad, y su adecuación en términos sociales, económicos, culturales, climáticos y ecológicos¹¹. Las cuencas son elementales para asegurar la producción de alimentos, sobre todo en regiones semiáridas como sucede en el altiplano boliviano. En este sentido, cualquier alteración en los ríos podría afectar la disponibilidad de agua.

El acelerado proceso de urbanización global, caracterizado por un consumo desmedido de recursos naturales, desafía la capacidad de las regiones para gestionar su crecimiento sostenible. Este fenómeno, que a nivel mundial representa un 75% de la demanda total de recursos¹², se manifiesta de manera particular en Bolivia, donde el 70,5% de la población se concentra en áreas metropolitanas¹³. Un ejemplo claro es el crecimiento urbano de El Alto, en el altiplano boliviano, cuya expansión superó el 120% entre 2006 y 2018¹⁴. Según datos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua boliviano (MMAyA)¹⁵, este vertiginoso crecimiento generó una creciente demanda de materiales de construcción, impulsando una extracción intensiva de áridos y agregados de los ríos cercanos, lo que ejerce presión ambiental en las comunidades campesinas rivereñas colindantes. Estas actividades provocan alteraciones en el régimen hidrológico, manifestándose en una mayor profundidad del lecho fluvial y una reducción del caudal¹⁶, con potenciales impactos negativos en la seguridad hídrica y alimentaria de la región.

En esta perspectiva, la Constitución boliviana (2009)¹⁷, al reconocer conjuntamente los derechos al agua y alimentación y obligar al Estado a garantizar la seguridad alimentaria sana, adecuada y suficiente (Art. 16), promueve el uso y acceso al agua con solidaridad, equidad, diversidad y sustentabilidad (Art. 373). Para ello, establece que “el Estado evitará acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos que ocasionen daños a los ecosistemas

o disminuyan los caudales, preservará el estado natural y velará por el desarrollo y bienestar de la población” (Art. 376).

Bajo esta lógica, a través del Reglamento Ambiental para el Aprovechamiento de Áridos y Agregados, el Estado impone el uso de licencias ambientales para el “aprovechamiento de áridos y agregados en lechos y/o márgenes de los ríos” (Art. 9.I), que se obtienen luego de conseguir autorización del municipio que tenga jurisdicción en el área (Art. 10) y sea como dispensas o declaratorias de impacto o adecuación ambiental (Art. 11). Aunque desde el 2006 la administración y regulación de esta actividad es excluida del nivel central del Estado y transferida a los gobiernos municipales en coordinación con organizaciones campesinas y comunidades colindantes, el MMAyA establece que el aprovechamiento de áridos en cauces de ríos y afluentes debe realizarse de manera integral, garantizando la sostenibilidad del ecosistema y minimizando los impactos negativos sobre la biodiversidad y el bienestar humano. Ahora bien, la Constitución boliviana también reconoce, respeta y protege los usos y costumbres de comunidades sobre la gestión del agua (Art. 374). Es que el agua, como elemento estructurante, además de ser un recurso natural, origina identidad cultural y poder en torno a intereses competitivos¹⁸.

En este marco, el enfoque de género es un factor clave en el desarrollo rural, ya que las mujeres son las principales gestoras del agua en las comunidades y en la mayoría de los hogares^{2,7}. A menudo ellas maximizan la productividad del agua, por lo que su participación en la toma de decisiones⁷ y en todo el proceso de gestión del agua es esencial³. Sin embargo, existe una brecha importante entre el reconocimiento legal de la equidad de género en la gestión del agua y su implementación real¹⁹. Por ejemplo, la discriminación en la toma de decisiones por razones de sexo²⁰.

La literatura existente ha explorado de manera separada los impactos de las actividades extractivas, la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria. No obstante, la intersección de estas problemáticas, especialmente en contextos de comunidades campesinas andinas, ha sido escasamente estudiada. Aunque se han documentado los efectos negativos de la minería, particularmente la extracción de oro, sobre los ecosistemas y la seguridad hídrica en contextos indígenas y campesinos bolivianos²¹⁻²⁴, la influencia de las plantas de extracción de áridos y agregados en la seguridad hídrica y alimentaria de estas comunidades, así como su dimensión de género, permanece prácticamente inexplorada.

Este estudio analiza los impactos socioambientales de la extracción de áridos en la comunidad de Catacora, ubicada en el municipio de Batallas, a 48 km de la ciudad de El Alto. La comunidad depende principalmente de la agricultura y la ganadería, actividades económicas que requieren un acceso constante al agua de los ríos donde se están desarrollando actividades extractivas de áridos. Por ello, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo influyen las actividades extractivas de áridos y agregados en la seguridad hídrica y alimentaria de la comunidad de Catacora, y cuáles son las estrategias de adaptación y resistencia que desarrollan ante estos desafíos desde una perspectiva de género?

Metodología

El estudio empleó un enfoque mixto e interdisciplinario, combinando ciencias sociales y ambientales. La recolección de datos cualitativos incluyó 20 entrevistas semiestructuradas con comunarios de Catacora, distribuidas equitativamente entre varones y mujeres de diversas edades. Además, a través de dos grupos focales, uno mixto y otro segregado por género, se profundizó sobre la perspectiva de género. El grupo focal exclusivo para mujeres, facilitado por las investigadoras para crear un espacio seguro, exploró sus percepciones sobre acceso al agua, calidad de alimentos y su participación en la comunidad.

En cuanto a los datos cuantitativos, se llevaron a cabo 5 campañas de muestreo de agua y una de sedimentos en los ríos Khullu Cachi y Seco, con el objetivo de medir la presencia de arsénico y hierro, contaminantes asociados a las actividades extractivas en la región. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz, Bolivia, y comparadas con los límites establecidos por la Norma Boliviana NB-512, así como con las recomendaciones del documento Summary of Guidelines for Contaminated Freshwater Sediments²⁵, el cual compila varias guías estadounidenses y canadienses sobre límites de contaminantes en sedimentos. También se incluyeron datos secundarios del MMAyA, recolectados el 2015 para evaluar la evolución de la calidad del agua en el tiempo.

La investigación se desarrolló con la preaprobación y estrecha colaboración de la comunidad de Catacora y sus autoridades comunales, quienes participaron activamente en la identificación del problema y la elaboración del cronograma de campo. Este proceso permitió garantizar la pertinencia y transparencia de la investigación para la comunidad. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes, el cual fue adaptado al contexto cultural y lingüístico de la comunidad. Luego, los participantes fueron informados clara y concisamente sobre los objetivos del estudio, los procedimientos a seguir, los beneficios potenciales y los riesgos involucrados, así como de su derecho a retirarse en cualquier momento sin ninguna consecuencia. Además, los investigadores se comprometieron a la devolución de resultados a la comunidad en términos claros y accesibles al finalizar la investigación para que ella comprenda mejor su situación y adopte decisiones informadas al momento de abordar los desafíos identificados.

Resultados

Minería de áridos y agregados: Conflictos en Catacora

La comunidad de Catacora, situada entre los ríos Khullu Cachi y Seco, enfrenta una degradación ambiental debido a la extracción de áridos. Como se muestra en la **Figura 1**, en el río Khullu Cachi la planta extractiva opera dentro de la jurisdicción de la comunidad vecina de Suriquiña, lo que limita la capacidad de Catacora para gestionar sus impactos. Por otro lado, la planta del río Seco, bajo la jurisdicción de Catacora, fue cerrada a inicios de 2024 tras denuncias de contaminación. Las excavaciones inutilizaron los

canales de riego por el desnivel generado en el río Khullu Cachi y afectaron el punto de captación de agua en el río Seco, lo que compromete las actividades agrícolas, ganaderas y el consumo humano.

Este conflicto se ve plasmado en las entrevistas realizadas a los comunarios de Catacora. Estas actividades han generado una notable disminución en la calidad y cantidad de agua disponible para la comunidad. Los comunarios identifican desigualdades en la distribución del agua, especialmente en la tercera y cuarta zona de la comunidad, donde la falta de agua ha convertido grandes áreas en improductivas.

Un comunario explicó: “Ya va a llegar el 15 de julio, entonces ya se siembra haba, pero ahora el sector de este lado no tiene riego, así que no van a sembrar ni haba, ni nada, y ese es el problema también entre zonas” (hombre). Las empresas extractivas son vistas como causantes del deterioro del entorno pese a que operan con licencias ambientales que sostienen su legalidad. Un testimonio de una autoridad de la comunidad sostiene que las chancadoras^a “nos muestran todos los documentos al día, y entonces, sobre eso, nosotros no podemos hacer nada” (hombre).

En el grupo focal, los comunarios también destacaron cómo la reducción de los caudales de los ríos y la pérdida de acceso al agua han dañado la productividad agrícola y las relaciones entre las comunidades vecinas. Una comunaria mencionó que la comunidad de Suriquiña es beneficiada por acuerdos con la empresa extractiva instalada estratégicamente en el margen del río perteneciente a su jurisdicción (ver **Figura 1**), no enfrenta los mismos problemas de agua que Catacora. Esto ha generado susceptibilidades y tensiones entre las dos comunidades. Según el testimonio de una mujer en el grupo focal: “Ellos no tienen problemas con el agua, ya que tienen otra fuente”. Estas tensiones también han afectado las relaciones entre los comunarios y las autoridades, puesto que los reclamos al municipio de Batallas y a las organizaciones sociales que abarcan a las comunidades (subcentrales sindicales campesinas) no tienen respuestas efectivas.

Impactos en la seguridad hídrica

Las actividades de extracción de áridos en los ríos de Catacora han tenido un impacto directo en los componentes de la seguridad hídrica de la comunidad. La comunidad, que depende o solía depender en gran medida de estos ríos para la agricultura y el consumo humano, ha visto cómo estos elementos se vienen deteriorando progresivamente debido a las alteraciones en los flujos hídricos y la calidad del agua.

Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua ha sido afectada por la reducción del caudal de los ríos debido a las actividades extractivas. Los comunarios observaron que, desde que las empresas comenzaron la extracción de áridos en los años 90, el flujo de agua ha disminuido considerablemente, lo que puso en

a Denominación local que hace referencia a las plantas de extracción de áridos.

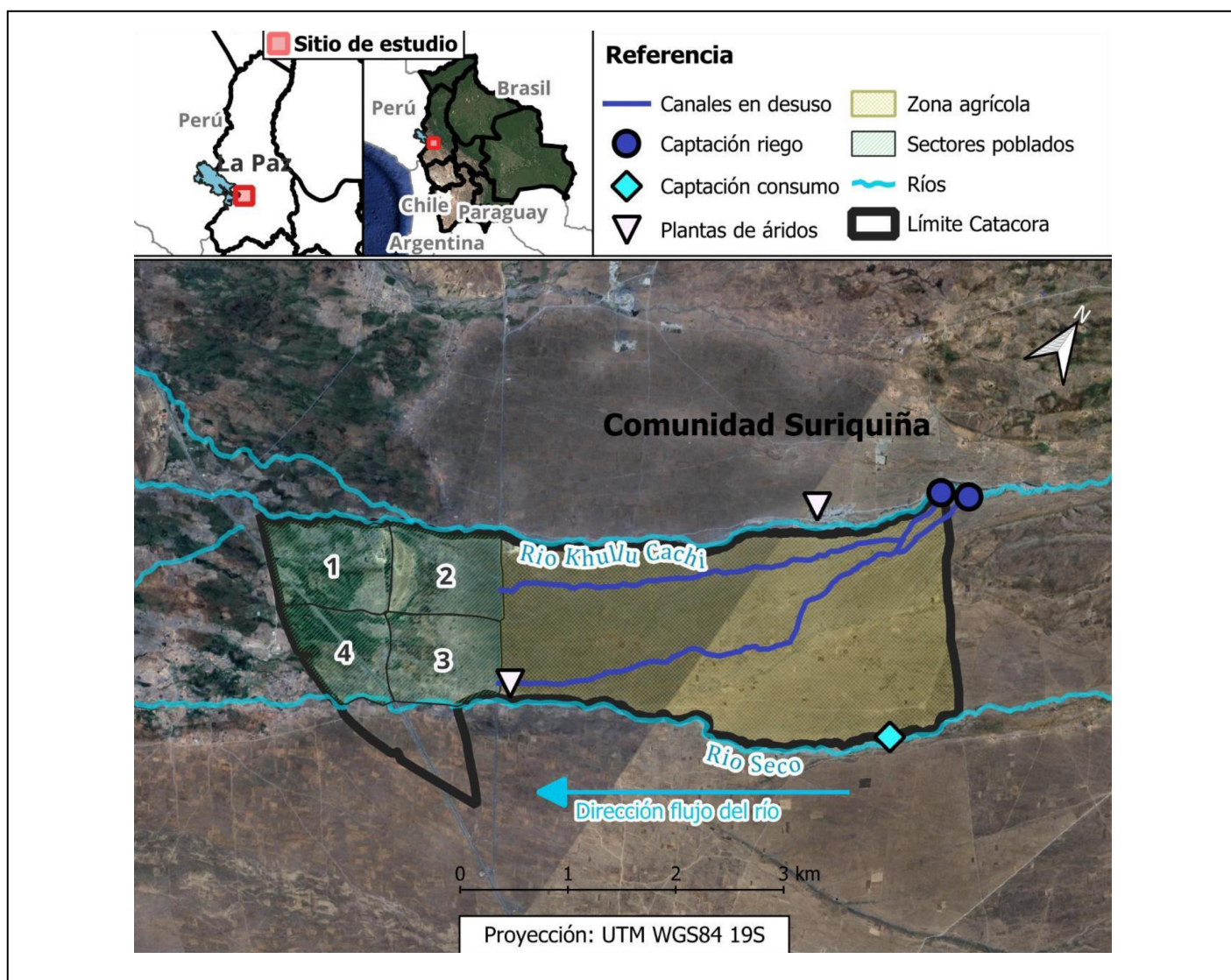


Figura 1. Mapa del sitio de estudio.

Nota: Elaboración propia.

riesgo la producción agrícola en las zonas que dependen del agua de estos ríos. Una de las entrevistadas señaló: “La cantidad del río ha rebajado; a veces también se seca cuando es tiempo de sequía. Antes había [agua] en el río, ahora ya no hay” (mujer).

Otro factor que agrava la situación es la alta demanda de agua que requieren las actividades extractivas. Los comunarios mencionan que las empresas utilizan grandes cantidades de agua, lo que afecta aún más la disponibilidad del recurso para los agricultores locales. “Antes, aquí era verde. Ahora es seco. Había harta agua. Ahora, la chancadora saca arena y piedra y el agua se va por abajo” (hombre).

Acceso

El proceso de excavación ha hundido el nivel del lecho de los ríos entre 1 y 6 metros, haciendo inoperantes los canales de riego. Esta alteración topográfica ha creado una barrera física que imposibilita la captación de agua desde el río hacia los campos de cultivo. Un testimonio sostiene al respecto que “el canal que usábamos para regar ahora está muy por encima del nivel del río. No tenemos cómo hacer que el agua suba, pues antes bajaba por sí sola,

pero ahora no podemos usarla sin infraestructura costosa” (grupo focal, 2024).

En la **Figura 2** se muestra el río Khullu Cachi y la diferencia de altura que imposibilita la obtención de agua para riego. La legislación sobre la extracción de áridos no considera este fenómeno como afectación declarada; solo la erosión y las necesidades de la comunidad son considerados impactos ambientales.

Uso del agua

El uso del agua en Catacora también se ha visto comprometido debido a la degradación de la calidad del agua. Los análisis de sedimentos realizados en agosto de 2024 confirman concentraciones elevadas de arsénico y hierro (ver **Tabla 1**), directamente vinculadas a la actividad extractiva de áridos y agregados en la zona. Esta situación amenaza la salud y la producción agrícola. Los comunarios mencionaron frecuentemente que ahora llega del río “agua contaminada. Hace enfermar al ganado y no la quiere tomar. También afecta al cultivo” (mujer); en cambio, “antes sí tomábamos [esa agua] cuando no había pilas o agua potable. De eso nomás alzábamos y tomábamos” (hombre).



Figura 2. Diferencia de altura entre el río Khullu Cachi y el canal de riego.
Nota: Fotografías de Carlos Quezada.

Tabla 1: Concentraciones de metales pesados en sedimentos (2024).

Río	Parámetro	Unidad	Sedimentos 2024	Contaminación moderada (25)	Contaminación alta (25)
Khullu Cachi	Arsénico (As)	mg/kg	48	>5.9	>17
Seco	Arsénico (As)	mg/kg	8,8	>5.9	>17
Khullu Cachi	Hierro (Fe)	mg/kg	61.872	20.000	40.000
Seco	Hierro (Fe)	mg/kg	37.308	20.000	40.000

Nota: Elaboración propia.

Aunque el arsénico es un constituyente natural de las rocas volcánicas andinas²⁶, la actividad de las chancadoras ha exacerbado significativamente su concentración en la zona estudiada. A pesar de la ausencia de normativas específicas para sedimentos en Bolivia, los resultados obtenidos en el río Khullu Cachi para arsénico y hierro superan en más del doble el límite establecido por guías internacionales²⁵. El caso del río Seco solo supera los límites de arsénico en 2,9 mg/kg, superando por muy poco el límite de contaminación moderada. Esta contaminación no se observó en las muestras de agua realizadas durante la investigación, debido a que ninguna de ellas logró coincidir con las descargas de la extracción de áridos. No obstante, los sedimentos de este río actúan como un registro histórico de la contaminación proveniente de las chancadoras.

Como complemento al análisis, los resultados de las mediciones del MMAyA en 2015 también mostraron un deterioro significativo en la calidad del agua (ver **Tabla 2**) en contraste con los límites máximos permisibles. Estos valores muestran que ya en 2015 los ríos estaban severamente

contaminados, coincidiendo con las mediciones recientes en sedimentos, lo que sugiere que la contaminación es continuada en el tiempo.

La contaminación y la escasez obligan a las familias a buscar fuentes alternativas o a almacenar el agua de lluvia para cubrir sus necesidades. Por ejemplo, una comunaria expresó recurrir a “ojos del agua. Eso es lo que utilizamos nosotros” (mujer); otro sostuvo que “en las épocas de lluvia recibimos de las canaletas y eso es lo que guardamos” (hombre). La disponibilidad limitada de agua, sumada a la preferencia de consumo por fuentes naturales, hace que se incremente el riesgo de adquirir infecciones como la fasciola, que se propaga por el uso común de fuentes hídricas entre humanos y animales²⁷.

Vinculaciones entre la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria

La crisis de seguridad hídrica en Catacora ha generado efectos profundos en la seguridad alimentaria de la

Tabla 2: Resumen informe MMAyA (2015).

Parámetro	Unidad	MMAyA 2015	Límite máximo permisible (Clase B)	Estado
pH	--	9,2	6,5 - 8,5	Excede límite
Arsénico (As)	mg/L	3,233	0,01	Crítico
Hierro (Fe)	mg/L	1,38	0,3	Crítico
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	21	20	Crítico

Nota: Elaboración propia en base al informe MMAyA (2015). El límite máximo permisible corresponde al establecido en Bolivia para aguas superficiales de riego (clase B).

comunidad. Al depender tanto de los ríos Khullu Cachi y Seco para las actividades agrícolas y el consumo humano, la degradación de la disponibilidad, el acceso y el uso del agua ha afectado directamente la producción de alimentos y los medios de subsistencia locales.

La disminución del caudal de los ríos, como se mencionó previamente, ha reducido la disponibilidad de agua para riego, afectando la capacidad de la comunidad para producir alimentos y la resiliencia a eventos extremos con la sequía. En el grupo focal, varios comunarios mencionaron que, sin un suministro constante de agua, los cultivos más esenciales, como papa y haba, ya no rinden como antes. Esta falta de agua ha limitado las temporadas de siembra y ha hecho que muchas áreas productivas se queden inactivas. "Cuando no había chancadoras, el agua de los cultivos venía de arriba. Producíamos habas porque había agua del río, pero las chancadoras han ido sacando el material y ya no hay agua, entonces ya no sembramos haba" (hombre).

La excavación de los ríos que dejó inoperantes los canales principales de riego ha forzado a muchas familias a abandonar ciertos terrenos de cultivo que antes eran altamente productivos.

"Entonces hacíamos un canal, limpiábamos y venía el riego, nos cubría todo lo que es la parte de arriba, así llevábamos agua a nuestro terreno, metíamos arado y sembrábamos ahí. Removíamos la tierra para sembrar. No sufríamos, pero ya desde hace un tiempito que estamos sufriendo porque ya no tenemos agua de riego" (mujer).

La contaminación del agua agravó aún más la inseguridad alimentaria. La calidad del agua ya no es apta para el riego y la preparación de alimentos. "Las papas no crecen bien, y muchas veces las plantas se secan antes de tiempo porque el agua que usamos está sucia", mencionó una mujer en el grupo focal y un comunario sostuvo que "el agua está contaminada. No se puede colocar tunta porque llega el agua turbia" (hombre). Este deterioro significa que la producción ya no es segura ni adecuada para el consumo, lo que pone en riesgo tanto la salud de las personas como la sostenibilidad de la producción alimentaria.

Ante la reducción en la producción local de alimentos, las familias han recurrido cada vez más a la compra de productos externos, lo que ha reducido la diversidad de su dieta y ha incrementado los costos para las familias más vulnerables. La pérdida de cultivos tradicionales, que antes formaban la base de la alimentación en Catacora,

ha generado una dependencia de productos procesados o importados de otras regiones. Una comunaria afirmó durante las entrevistas:

"Ahora, por lo que ha bajado la producción, ya comemos fideo y arroz. Antes se comía comida sana, derivados de la quinoa, quispíña [alimento a base de quinoa]. Actualmente, ya no hay esas cosas por toda la contaminación" (mujer).

La ganadería solía ser una actividad importante para el sustento de las familias en la comunidad. Los entrevistados comentan que al presente cuentan con muy poco ganado, pues la contaminación les afecta en su salud. Por ejemplo, un comunario explicó que "el agua que llega les hace mal [a su ganado]. Lo de la chancadora viene con aceite, con algo que les hace mal a los animalitos, a las ovejitas, a los chanchos. Se mueren nomás los animalitos" (hombre).

Desafíos para las mujeres de la comunidad

Tras haber identificado los problemas socioambientales por los que la comunidad de Catacora atraviesa, y la manera en que estos tienen un impacto tanto en la seguridad hídrica como alimentaria, es evidente que esta situación afecta a la vida cotidiana de hombres y mujeres. Estas últimas, como responsables principales de las tareas domésticas, se ven obligadas a realizar esfuerzos adicionales para recolectar agua en condiciones precarias.

En el grupo focal realizado, comunarias que viven en la tercera sección mencionaron que deben caminar largas distancias para recolectar agua, debido a que no pueden utilizar el agua de los ríos, lo que incrementa su carga de trabajo. "Nosotras somos las que tenemos que ir a buscar agua, y a veces tenemos que caminar mucho. Antes teníamos más agua cerca, pero ahora tenemos que bajar y subir con los baldes" (grupo focal mujeres, 2024).

En situaciones de escasez, las mujeres adoptan prácticas de adaptación reutilizando el agua para maximizar su uso, lo que implica mayor trabajo de organización y planificación. "Guardamos el agua para usarla varias veces. Por ejemplo, el agua que usamos para lavar ropa, después la usamos para limpiar o para las plantas" (grupo focal mujeres, 2024).

El impacto en la salud es otra preocupación mencionada por las mujeres en el grupo focal. A raíz de la contaminación del agua, muchas de ellas y sus familias han experimentado problemas de salud relacionados con dolores de estómago y malestares físicos. "El agua nos hace mal. Ya

no podemos tomarla directamente como antes, y eso nos preocupa por nuestros hijos” (grupo focal mujeres, 2024). Esto agrava la situación de vulnerabilidad de las mujeres, quienes son las principales cuidadoras en sus hogares.

Otra dimensión clave es la barrera que enfrentan las mujeres en los espacios de participación comunitaria y de toma de decisiones. Se mencionó que cuando intentan participar en las reuniones de la comunidad, a menudo son ridiculizadas, lo que desmotiva su participación. “A veces queremos hablar en las reuniones, pero los hombres se ríen de nosotras. Eso nos hace sentir mal y ya no queremos participar” (grupo focal mujeres, 2024). Una comunaria sostuvo que “a veces no nos toman en cuenta a las mujeres aquí. Son machistas los hombres” (mujer). Al respecto, un comunario reconoció que “las mujeres se abstienen de hablar porque aún existe el machismo. Existe el machismo y, como verá usted, cuando visita a un hogar, a una familia, la mujer se abstiene de hablar, no hay fluidez” (hombre). Esta dinámica limita la capacidad de las mujeres para participar en las decisiones de la comunidad, las cuales se ven especialmente afectadas por la problemática dadas sus responsabilidades en el hogar.

Gestión comunitaria del agua

La comunidad de Catacora ha implementado diversas estrategias para gestionar la escasez de agua, pero estas medidas han sido insuficientes frente a la creciente crisis hídrica causada por las actividades de extracción de áridos y agregados. Las prácticas tradicionales, como la distribución equitativa de agua mediante turnos y el mantenimiento comunitario de los canales de riego, han sido socavadas por la disminución del caudal de los ríos, la pérdida de acceso físico al agua y la contaminación de los cuerpos de agua.

Uno de los desafíos clave es la dependencia de “ojos de agua” o fuentes subterráneas, que son cada vez más escasas. Los comunarios han recurrido a la técnica de “siembra de agua”, una estrategia de almacenamiento temporal durante la temporada de lluvias, para enfrentar la escasez. Sin embargo, estas prácticas no han logrado mitigar los efectos de escasez de agua. Como los comunarios expresaron en el grupo focal, el riego al que acceden unas cuantas familias que viven cerca de ojos de agua está limitado a unas pocas horas al día, lo que resulta insuficiente para cubrir las necesidades de toda la comunidad. “A veces, el agua de riego no alcanza para todos y los cultivos sufren” (grupo focal, 2024).

El uso de tanques de almacenamiento de agua es otra estrategia posible, pero la comunidad no tiene los medios para comprar tanques suficientes. Esto limita la capacidad de la comunidad para “cosechar agua” de manera eficiente, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando podrían almacenar más agua para enfrentar los meses secos.

Por otro lado, la comunidad de Catacora ha demostrado cohesión y capacidad de acción colectiva para la protección de sus recursos hídricos. Los comunarios lograron, a principios de 2024, el cierre de la empresa extractora que operaba dentro de su territorio en el río Seco (Grupo focal, 2024). Esto podría explicar la menor contaminación

encontrada en los sedimentos del río Seco, en contraste con lo que sucede en el río Khullu Cachi, donde la planta que opera se encuentra fuera de la jurisdicción de la comunidad de Catacora. “No podemos hacer nada con esa empresa porque está del lado de Suriquiña. Ellos no tienen problemas con el agua como nosotros, porque ellos tienen un acuerdo con la empresa” (Grupo focal, 2024).

Discusión

La extracción de áridos en las cercanías de Catacora ha comprometido su seguridad hídrica en tres aspectos clave: disponibilidad, acceso y calidad. Como consecuencia directa, la seguridad alimentaria de Catacora está seriamente afectada, evidenciando la interrelación entre ambos desafíos^{2,10}. En Catacora, la disminución de los caudales de los ríos Khullu Cachi y Seco ha inutilizado canales de riego esenciales, obligando a familias a abandonar terrenos productivos o, a quienes continúan produciendo, a enfrentar menores rendimientos y mayor vulnerabilidad frente a sequías. Esta situación afecta cultivos importantes para la seguridad alimentaria de comunidades andinas, como la papa y, especialmente, el haba, cuya producción, de acuerdo con los testimonios presentados anteriormente, se ha reducido casi por completo. Además, la disminución en la producción de haba no solo limita el acceso a sus beneficios nutricionales —como su alto contenido de proteínas, aminoácidos y fibra dietética²⁸—, sino también su rol en mantener la fertilidad del suelo, ya que es fundamental en la rotación agrícola por su capacidad para fijar nitrógeno²⁹.

El acceso al agua ha sido alterado por las excavaciones en los lechos de los ríos, que han creado barreras físicas que imposibilitan el uso de sistemas de riego tradicionales. Este fenómeno, documentado en otros contextos extractivos^{21,30}, ha profundizado desigualdades dentro de la comunidad, limitando el acceso al recurso en zonas alejadas.

La calidad del agua ha sido comprometida por la contaminación con metales pesados como arsénico y hierro, lo que puede provocar efectos adversos en la salud humana, incluyendo trastornos neurológicos y enfermedades crónicas³¹. Esta degradación coincide con estudios que resaltan cómo la contaminación hídrica puede transformar un recurso esencial en un factor de riesgo para la seguridad alimentaria^{9,24}. En Catacora, esta situación ha obligado a las familias a depender de fuentes externas de alimentos, reduciendo la diversidad de su dieta e incrementando su vulnerabilidad económica.

Por otro lado, los impactos son diferenciados en hombres y mujeres, subrayando la importancia de un enfoque de género para comprender las desigualdades en el acceso, uso y gestión de los recursos hídricos en Catacora. Las mujeres enfrentan severas barreras para participar significativa y activamente en los espacios de decisión sobre gestión del agua y las potenciales estrategias de adaptación frente a la escasez hídrica. Esto coincide con los hallazgos de Chipana-Mendoza (2024)³², quien destaca que estas desigualdades están profundamente arraigadas en las estructuras sociales de los Andes bolivianos. Además, las tareas de búsqueda y almacenamiento de agua, junto con responsabilidades agropecuarias y reproductivas, recaen desproporcionadamente sobre las mujeres.

Llanque et al. (2018)³³ documentaron cómo las mujeres rurales asumen los roles fundamentales en las actividades de cuidado, incluyendo provisión de agua segura para sus familias y mantenimiento de la salud del ganado, lo que intensifica su carga laboral diaria.

Si bien las comunidades han adoptado estrategias como la búsqueda de fuentes alternativas de agua para enfrentar la contaminación de los ríos, estas opciones, como los humedales altoandinos y pozos locales, traen consigo riesgos de contagio de fasciolosis, una enfermedad parasitaria que afecta tanto a humanos como a animales y que se transmite a través de fuentes hídricas compartidas contaminadas. Según Angles et al. (2022)²⁷, esta enfermedad está muy presente en todo el Altiplano boliviano, donde las condiciones húmedas de los humedales y la limitada infraestructura sanitaria de los pozos favorecen el ciclo de vida de *Fasciola hepática*. Este problema pone en riesgo la salud del ganado, que es fundamental para la economía local por su producción de leche, carne y derivados, y también representa un estrés adicional para las mujeres, quienes suelen estar a cargo de su cuidado y la provisión de agua segura para sus familias.

Esta problemática socioambiental no se limita únicamente a Catacora, sino que refleja patrones recurrentes en otras regiones del Altiplano. Rivera Gironas et al. (2024)³⁴ identificaron una relación directa entre la contaminación hídrica y la seguridad alimentaria en comunidades de la cuenca Katari, donde la degradación de la calidad del agua afecta negativamente la disponibilidad y estabilidad de alimentos esenciales. El crecimiento urbano es un factor central vinculado a estas dinámicas. La expansión descontrolada de ciudades como El Alto ha generado una creciente demanda de agregados para la construcción, impulsando la intensificación de la minería de áridos en comunidades rurales cercanas. En efecto, en la cuenca Katari, de la que es parte Catacora, la urbanización no planificada ha sido identificada como un motor central de la degradación de la calidad del agua. Este contexto es uno de los factores que explica la creciente presión sobre los recursos hídricos de comunidades como Catacora¹⁴.

Aunque Bolivia cuenta con un marco normativo para regular la extracción de áridos y agregados, su implementación efectiva enfrenta importantes desafíos. En Catacora, los comunarios han expresado reiteradas quejas sobre la contaminación causada por la planta extractiva Suriquiña, ubicada en el río Khullu Cachi; no obstante, esta cuenta con las licencias ambientales requeridas. Sin embargo, un estudio en el que se llevan a cabo mediciones de los efluentes de la planta señala que su sistema de tratamiento alcanza una eficiencia del 75% y no logra reducir parámetros como los sólidos suspendidos totales y la turbidez a niveles aceptables³⁵. Estas preocupaciones se agravan con los resultados de este estudio, que revelan altos niveles de metales pesados en los sedimentos del río, indicando impactos acumulativos que exceden los reportados oficialmente. Este contexto no solo perpetúa los conflictos entre las comunidades y la planta Suriquiña, sino que también expone las deficiencias en el cumplimiento normativo y destaca la necesidad urgente de que los municipios, responsables de fiscalizar estas actividades, adopten

medidas más efectivas para garantizar la sostenibilidad hídrica y alimentaria.

La situación descrita con la planta de Suriquiña, ubicada fuera de los límites comunales, evidencia las limitaciones de las comunidades para resolver conflictos ambientales cuando no cuentan con jurisdicción directa sobre las operaciones extractivas. Sin embargo, el caso de la planta en el río Seco, donde las comunidades lograron su cierre, resalta la fuerza de la acción colectiva como un mecanismo efectivo de defensa de los recursos hídricos dentro de su ámbito territorial. Este logro demuestra que, pese a las barreras legales y administrativas, la organización comunitaria sigue siendo un pilar fundamental en la gestión del agua. A estas acciones se suman estrategias locales ya implementadas, como el mantenimiento de canales de riego, el uso de fuentes alternativas de agua y algunas experiencias emergentes de cosecha de agua. No obstante, estas medidas, aunque valiosas, han mostrado ser insuficientes frente a los desafíos impuestos por la contaminación acumulativa y la afectación a los ríos de la comunidad.

Frente a estas limitaciones, es necesario fortalecer la acción colectiva como mecanismo para defender los recursos hídricos, partiendo de las capacidades organizativas ya existentes para potenciar la agencia y la gobernanza comunitaria. Esto puede lograrse mediante procesos de fortalecimiento institucional, capacitación en monitoreo ambiental comunitario y el uso de herramientas de ciencia ciudadana, que permitan visibilizar los impactos ambientales y fortalecer la incidencia en políticas públicas^{36,37}. Experiencias exitosas, como los sistemas de monitoreo comunitario en la minería aurífera del Perú, demostraron que la participación directa de las comunidades en la supervisión ambiental mejora la transparencia y fomenta un diálogo más equitativo entre actores locales y estatales³⁸.

Además, estrategias como el mantenimiento de canales de riego y tecnologías tradicionales han sido históricamente fundamentales para garantizar la seguridad hídrica en comunidades andinas. Estas infraestructuras, que contribuyen a la regulación hídrica y a la recarga de acuíferos³⁹, pueden ser optimizadas a través de investigaciones transdisciplinarias que integren conocimiento local y científico, permitiendo generar soluciones más adaptadas al contexto y a los desafíos actuales.

Asimismo, la inclusión activa de mujeres en las estrategias de gestión hídrica es indispensable, no solo por su rol central en la provisión y manejo del agua, sino también porque su experiencia y conocimientos pueden enriquecer significativamente las soluciones propuestas. Las mujeres desempeñan un papel clave en la agroecología y el cuidado de los recursos naturales, lo que subraya la necesidad de considerar sus perspectivas y voces para el diseño de estrategias de manejo sostenible^{32,33,40}.

Finalmente, el análisis de la interrelación entre la seguridad hídrica y alimentaria en Catacora resalta no solo la necesidad de fortalecer las capacidades comunitarias, sino también de repensar las políticas públicas y los marcos normativos existentes. Se requiere establecer mecanismos efectivos para garantizar el cumplimiento de las normas

ambientales, promoviendo una gobernanza inclusiva que integre tanto a las comunidades como a las empresas en la búsqueda de soluciones sostenibles. La articulación entre conocimiento local, investigaciones científicas y acciones de política pública puede contribuir a desarrollar estrategias más adaptadas al contexto rural del Altiplano, abordando de manera integral los desafíos impuestos por las actividades extractivas y asegurando un manejo equitativo y sostenible de los recursos hídricos.

Conclusiones

La extracción de áridos en los ríos Khullu Cachi y Seco ha afectado la disponibilidad, calidad y acceso al agua, impactando actividades agrícolas y ganaderas en Catacora, así como los medios de vida de la comunidad. Estos efectos han agravado la inseguridad alimentaria y las tensiones internas, impactando principalmente a las mujeres de la comunidad. Aunque la comunidad ha implementado estrategias tradicionales y demostrado capacidad de acción colectiva, estas iniciativas resultan insuficientes frente a los desafíos impuestos por la extracción de áridos. La degradación hídrica no solo limita la agricultura y ganadería, sino que también exacerba tensiones internas y desigualdades de género, restringiendo la capacidad de respuesta integral. Abordar esta problemática requiere articular esfuerzos comunitarios con políticas públicas inclusivas y enfoques transdisciplinarios que fortalezcan las capacidades locales de monitoreo y gestión del agua. Es indispensable incorporar un enfoque de género que visibilice las desigualdades y fomente la participación de las mujeres en la toma de decisiones. Asimismo, tanto el municipio como el Gobierno Central deben garantizar la fiscalización efectiva de las actividades extractivas para mitigar sus impactos.

Financiamiento

Esta investigación recibió apoyo financiero del programa VLIR-UOS, con código de financiamiento BO2017IUC034A105 - proyecto IUC con la Universidad Católica Boliviana San Pablo.

Contribución de los autores

Los autores certifican haber contribuido de igual manera con la concepción, diseño, material científico e intelectual y redacción del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Uso de IA

Los autores declaran que no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial en ninguna fase de la elaboración del manuscrito.

Referencias

1. Mekonnen MM, Hoekstra AY. Four billion people facing severe water scarcity. *Sci Adv.* 2016;2(2):e1500323.
2. Brewis A, Workman C, Wutich A, Jepson W, Young S, Household Water Insecurity Experiences - Research Coordination N. Household water insecurity is strongly associated with food insecurity: Evidence

- from 27 sites in low- and middle-income countries. *Am J Hum Biol.* 2020;32(1):e23309.
3. Young SL, Frongillo EA, Jamaluddine Z, Melgar-Quinonez H, Perez-Escamilla R, Ringler C, et al. Perspective: The Importance of Water Security for Ensuring Food Security, Good Nutrition, and Well-being. *Adv Nutr.* 2021;12(4):1058-73.
4. De Ferranti DF, Francisco H. G.; Perry, Guillermo E.; Walton, Michael. *Inequality in Latin America: Breaking with History.* Washington, D.C.: World Bank Latin American and Caribbean Studies; 2004.
5. Queiroz VC, Carvalho RCd, Heller L. New Approaches to Monitor Inequalities in Access to Water and Sanitation: The SDGs in Latin America and the Caribbean. *Water.* 2020;12(4).
6. Iortyom ET, Kargbo P. Food and Water Security in the Context of Sustainable Development. *European Journal of Development Studies.* 2023;3(2):10-6.
7. van Koppen B. Gender in integrated water management: an analysis of variation. *Natural Resources Forum.* 2001;25(4):299-312.
8. Adeel Z, Wirsing RG. *Imagining Indus: Overcoming Water Insecurity in the Indus Basin.* Adeel Z, editor. Switzerland: Springer; 2017
9. Bethancourt HJ, Swanson ZS, Nzunza R, Huanca T, Conde E, Kenney WL, et al. Hydration in relation to water insecurity, heat index, and lactation status in two small-scale populations in hot-humid and hot-arid environments. *Am J Hum Biol.* 2020;33(1):e23447.
10. Boateng GO, Workman CL, Miller JD, Onono M, Neilands TB, Young SL. The syndemic effects of food insecurity, water insecurity, and HIV on depressive symptomatology among Kenyan women. *Soc Sci Med.* 2022;295:113043.
11. ONU CEyS. *Observación General N° 20: La no discriminación y los derechos económicos, sociales y culturales.* Ginebra; 2009.
12. Nature IUFCo. *Cities and Nature.* Gland, Switzerland; 2023.
13. INE. *Encuesta de Hogares (EH) 2021 La Paz, Bolivia:* Instituto Nacional de Estadística; 2022 Available from: <https://www.ine.gob.bo/index.php/encuesta-de-hogares-eh-2021/>.
14. Baltodano A, Agramont A, Reusen I, van Griensven A. Land Cover Change and Water Quality: How Remote Sensing Can Help Understand Driver-Impact Relations in the Lake Titicaca Basin. *Water.* 2022;14(7).
15. MMAyA. *Plan Director de la Cuenca Katari y su Estrategia de Recuperación Integral de la Cuenca y del Lago Menor del Titicaca.* La Paz, Bolivia: MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA; 2021. 173 p.
16. Cojocar P, Stătescu F, Bial G. Quantification of effects produced by the extraction of mineral aggregates towards water bodies. *Environmental Engineering and Management Journal.* 2017;16(4):897-903.
17. *Constitución Política del Estado,* (2009).

18. Boelens R, Hoogesteger J, Swyngedouw E, Vos J, Wester P. Hydrosocial territories: a political ecology perspective. *Water International*. 2016;41(1):1-14.
19. Zwarteveen M. A Masculine Water World: The Politics of Gender and Identity in Irrigation Expert Thinking. In: Rutgerd B, David G, Guevara-Gil A, editors. *Out of the Mainstream: Water Rights, Politics and Identity*. London-Washington D.C.: Earthscan from Routledge; 2010.
20. Adams EA, Juran L, Ajibade I. 'Spaces of Exclusion' in community water governance: A Feminist Political Ecology of gender and participation in Malawi's Urban Water User Associations. *Geoforum*. 2018;95:133-42.
21. Pavilonis B, Grassman J, Johnson G, Diaz Y, Caravanos J. Characterization and risk of exposure to elements from artisanal gold mining operations in the Bolivian Andes. *Environ Res*. 2017;154:1-9.
22. Beltrán-Saavedra LF, Loayza O, Salinas M, Albarracín V, Chincheros-Paniagua J, Mollericona JL, et al. Mercurio total (THg) en vicuñas (*Vicugna vicugna*) en áreas mineras del noroeste del departamento de La Paz, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*. 2020;27(1):257-62.
23. Quintarelli JM, Garnier J, Rudrigues de Souza JP, de Sousa Tonhá M, Barral UM, Roig HL, et al. Mercury in river samples with artisanal and small-scale gold mining influence: The case of the upper Madeira River Basin (Brazil/Bolivia). *Journal of South American Earth Sciences*. 2024;145.
24. Steckling N, Tobollik M, Plass D, Hornberg C, Ericson B, Fuller R, et al. Global Burden of Disease of Mercury Used in Artisanal Small-Scale Gold Mining. *Ann Glob Health*. 2017;83(2):234-47.
25. Batts D, Cubbage J. Summary of Guidelines for Contaminated Freshwater Sediments. Olympia, Washington, USA: Washington State Department of Ecology; 1995.
26. De Loma J, Vicente M, Tirado N, Ascui F, Vahter M, Gardon J, et al. Human adaptation to arsenic in Bolivians living in the Andes. *Chemosphere*. 2022;301:134764.
27. Angles R, Buchon P, Valero MA, Bargues MD, Mas-Coma S. One Health Action against Human Fascioliasis in the Bolivian Altiplano: Food, Water, Housing, Behavioural Traditions, Social Aspects, and Livestock Management Linked to Disease Transmission and Infection Sources. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(3).
28. Chapagain T, Riseman A. Nitrogen and carbon transformations, water use efficiency and ecosystem productivity in monocultures and wheat-bean intercropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2014;101(1):107-21.
29. Salvador-Reyes R, Furlan LC, Martinez-Villaluenga C, Martins Dala-Paula B, Harumi Nabeshima E, da Costa Pinto C, et al. Peruvian fava beans for health and food innovation: physicochemical, morphological, nutritional, and techno-functional characterization. *Food Res Int*. 2024;192:114814.
30. Villegas KS, Alfonso P, Higuera P, Palacios S, Esbrí JM, García-Noguero EM. Environmental Pollution Produced by Gold Artisanal Mining in the Mapiri River Basin, Apolobamba, Bolivia. *European Mineralogical Conference: Universidad Politécnica de Cataluña*; 2012.
31. Chakraborty TK, Ghosh GC, Ghosh P, Jahan I, Zaman S, Islam MS, et al. Arsenic, iron, and manganese in groundwater and its associated human health risk assessment in the rural area of Jashore, Bangladesh. *J Water Health*. 2022;20(6):888-902.
32. Chipana-Mendoza GJ. Mujer, género y desarrollo rural en los andes de Bolivia. *Investigación Agraria*. 2024;26(1):41-8.
33. Llanque A, Dorrego A, Costanzo G, Elías B, Catacora-Vargas G. Mujeres, trabajo de cuidado y agroecología: hacia la sustentabilidad de la vida a partir de experiencias en diferentes eco-regiones de Bolivia. *Agroecología en femenino Reflexiones a partir de nuestras experiencias*. 2018:124 – 40.
34. Rivera Gironas N, Garnica Gonzalez CA, Salvatierra Terrazas BI, Villafuerte Philippsborn L, Agramont Akiyama A. Contaminación Hídrica y Derecho a la Seguridad Alimentaria de Comunidades Indígenas Andino-bolivianas del Titicaca en la cuenca Katari. *Revista Economía y Política*. 2024:136-58.
35. Rada Rojas CA. Estudio de prefactibilidad de un sistema de tratamiento de efluentes industriales para la planta de áridos Suriquiña-Soboce S.A. La Paz: Universidad Católica Boliviana; 2023.
36. Siembra y Cosecha de Agua en Iberoamérica: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.; 2022.
37. Serrano-Coronel G, Chipana-Rivera R, Moreno-Pérez MF, Roldán-Cañas J. Study of vertical water flows contribution to the crop water consumption in suka kollus using a mixed drainage system. *Agricultural Water Management*. 2018;206:86-94.
38. Bebbington A, Williams M. Water and Mining Conflicts in Peru. *Mountain Research and Development*. 2008;28(3/4):190-5.
39. Ochoa-Tocachi BF, Bardales JD, Antiporta J, Pérez K, Acosta L, Mao F, et al. Potential contributions of pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security. *Nature Sustainability*. 2019;2(7):584-93.
40. Tantoh HB, McKay TTJM, Donkor FE, Simatele MD. Gender Roles, Implications for Water, Land, and Food Security in a Changing Climate: A Systematic Review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021;5.